

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra informatiky

Paměťový DMX splitter

DMX Splitter with Internal Buffer

Zadání bakalářské práce

Student: **Radim Kunčický**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612R025 Informatika a výpočetní technika

Téma: **Paměťový DMX splitter
DMX Splitter with Internal Buffer**

Zásady pro vypracování:

Navrhněte DMX kompatibilní zařízení, které bude integrovat vlastnosti více samostatných modulů do jediného: optoizolační DMX splitter, vyrovnávací paměť a analyzátor sběrnice.

1. Požadavky na řízení světelné techniky při kulturních akcích.
2. Rozbor technických vlastností řídicích DMX zařízení dostupných v současné době na trhu.
3. Nedostatky současné techniky, možnosti zdokonalení.
4. Popis protokolu DMX.
5. Technický návrh zařízení a jeho realizace.
6. Testování, stabilita, zkušenosti s provozem.

Seznam doporučené odborné literatury:

Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories, ANSI E1.11 - USITT DMX512-A

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Olivka**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012



doc. Dr. Ing. Eduard Sojka
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 5. května 2012

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Křivá', is placed on a small yellow rectangular background.

.....

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu práce, za podporu i rady a kolegům osvětlovačům, kteří přispěli i malým nápadem k inovaci.

Abstrakt

Cílem práce je zmapovat dostupnou techniku určenou pro efektové svícení společenských akcí. Popsat možnosti řízení takové techniky, rozebrat případné nedostatky a možnosti zlepšení. Také jsou zde definovány požadavky pro technické a funkční vlastnosti těchto zařízení. Vznikne tak ucelená představa o možné realizaci přípravku, který by mohl napomoci osvětlovačům v jejich práci. V práci je popsán návrh a realizace prototypu takového multifunkčního přístroje.

Klíčová slova: DMX512-A, splitter, merger, osvětlovací technika, inteligentní splitter

Abstract

The aim is to map the available techniques designed for effect lighting events. Describe management options such techniques, analyze the possible shortcomings and possible improvements. There are also a requirement for technical and functional characteristics of these devices. This will provide a comprehensive idea about the possible realization of product that could help light designers in their work. The paper describes the design and prototype implementation of such a multifunctional device.

Keywords: DMX512-A, splitter, merger, lighting technology, intelligent splitter

Seznam použitých zkratk a symbolů

ANSI	– American National Standards Institute
AMX192	– Analog Multiplexing 192, protokol pro analogové řízení světelné techniky
CMY	– Subtraktivním míchání barev. Cyan (azurová), Magenta (purpurová), Yellow (žlutá)
EIA	– Electronic Industries Alliance
GPL	– General Public Licence
PAR	– parabolic aluminized reflector lamp, hliníkový reflektor s parabolickým zrcadlem
USITT	– United States Institute for Theatre Technology
WinApi	– Rozhraní pro komunikaci s operačním systémem Microsoft Windows

Obsah

1	Úvod	3
2	Požadavky na řízení světelné techniky při kulturních akcích	4
2.1	Rozvody elektrické energie	4
2.2	Závěsný systém	5
2.3	Řízení světelné techniky	5
2.4	Stmívače	5
2.5	Konvenční svítidla	6
2.6	Inteligentní zařízení	6
2.7	Jiná efektová zařízení	6
3	Rozbor technických vlastností řídících DMX zařízení dostupných v současné době na trhu	7
3.1	Osvětlovací pulty	7
3.2	Řízení pomocí PC	8
3.3	Převodníky	9
3.4	Ostatní	9
4	Nedostatky současné techniky	11
4.1	Galvanické oddělení	11
4.2	Cena	11
4.3	Spojení více konzolí	11
4.4	Specializace	12
4.5	Ostatní	12
5	Protokol DMX512	13
5.1	Technická specifikace	13
5.2	Mechanická specifikace	14
5.3	Kabeláž	16
5.4	Datový rámec	16
5.5	Přijímač	17
5.6	Časování sběrnice	17
6	Technický návrh a realizace	20
6.1	Konečné požadavky na zařízení	20
6.2	Návrh elektrické části	20
6.3	Software	21
6.4	Měření obnovovací frekvence	26
6.5	Vysílání DMX packetu	26

6.6	Mechanické provedení	28
7	Testování, stabilita, zkušenosti s provozem	30
	Přílohy	30
A	Reference	31
B	Desky plošných spojů	32
C	Schémata elektrické části	33
D	Fotografie prototypu	35

1 Úvod

Již delší dobu se pohybuji v oblasti technického zajišťování kulturních akcí. V posledních čtyřech letech se zabývám údržbou a provozem světelného parku ve firmě Quartet CZECH s.r.o. V minulých letech se však nejednalo o primární obor podnikání a zajištění světelné techniky plnilo jen funkci doplňkové služby. Z toho plynuly i požadavky na náročnost a cenu provozu, rozvoje i údržby a v ročním plánu vývoje firmy se počítalo jen s malými investicemi. Taková omezení však přinesla i zvýšené nároky na lidské zdroje. Používání nevhodného osvětlovacího pultu, nedostatek rozbočovačů datových linek - splitterů, to vše prodlužovalo časy přípravy a zvyšovalo nároky na obsluhu. S jakýmkoliv rozvojem stoupala potřeba dalších doplňkových zařízení, ale časem se ukázalo, že jejich funkci by zastal jeden víceúčelový přístroj. Nic takového nám však trh v dnešní době nenabízí.

To vede ke snaze o vývoj takového zařízení, samozřejmě s ohledem na funkčnost, cenu a kvalitu. Je nutno analyzovat požadavky na dostupnou techniku a také techniku samotnou. Zhodnotit její nejzávažnější nedostatky a najít kompromis mezi našimi nároky a možnou realizací.

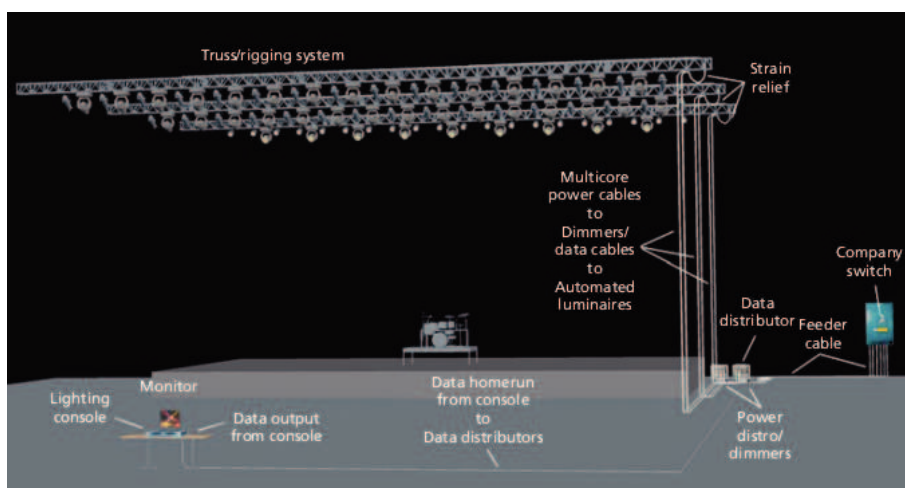
Výsledkem bude představa o zařízení, které by mělo usnadnit osvětlovačům a osvětlovacím technikům práci. Cílem je zpracovat takový návrh včetně mechanické, elektrické i softwarové části a následně jej zrealizovat.

2 Požadavky na řízení světelné techniky při kulturních akcích

Počátky využití světla pro divadelní použití lze datovat do dob středověku. Automatizované svícení vzniká na počátku 20. století a v této době zažívá také svůj největší rozvoj. S dnešním technologickým pokrokem se ať už divadelní, architektonické nebo scénické svícení stává nedílnou součástí každé společenské události. Pro tento obor existuje celé průmyslové odvětví, které vyrábí pro tyto účely specializovaná zařízení.

Celý osvětlovací řetězec se skládá z následujících částí:

- Systém zavěšení
- Rozvody elektrické energie
- Distribuce řídicích dat
- Řízení (osvětlovací pult)
- Svítidla



Obrázek 1: Osvětlovací řetězec. Zdroj: [1], strana 36.

2.1 Rozvody elektrické energie

Reflektory s žárovkovým zdrojem používané pro koncertní a divadelní svícení mají v dnešní době příkon mezi 300 a 2000 wattů, příkony výbojkových svítidel se pohybují mezi 150 a 4000 wattů a u architektonických světél existují i varianty s příkonem 16 kW. To klade velké nároky na kvalitu dodávané elektrické energie i na kvalitu rozvodů. Nekvalitně uložené rozvody a vysoké proudy tekoucí rozvody mohou vytvářet velmi zarušené prostředí a ovlivňovat nejen přenos řídicích signálů, ale může narušovat i přenos audio popřípadě video signálů.

2.2 Závěsný systém

Pro účely společenských akcí se většinou používají specializované konstrukce z hliníkové slitiny. Z bezpečnostního hlediska jsou na tyto závěsné konstrukce a rozvody elektrické energie kladeny největší nároky, protože s rozvojem inteligentních svítidel se velmi zvýšila i hmotnost. Váha běžných konvenčních svítidel se pohybuje od 1 do 10 kg, zatímco inteligentní svítidla mohou vážit 40 i více kilogramů. Váha osvětlení pro jednu scénu může snadno přesáhnout několik tun a je nutno počítat s pohybem osob pod zavěšenými světly. Pro divadelní účely se používají specializované systémy s protizávažími a kladkami, takzvané „tahy.“

2.3 Řízení světelné techniky

Původní analogové řízení světelné techniky pomocí napětí 0-10 V bylo značně problematické. Vyžadovalo vedení mnoha linek směrem ke stmívačům a řízené technice ve velmi zarušeném prostředí, kde jedním z největších zdrojů rušení byly právě již zmiňované stmívače. Prvním z pokusů vyřešit alespoň některé z výše zmíněných problémů byl protokol AMX192, který využíval multiplexování analogových signálů. Nevyřešil však uspokojivě otázku rušení. Roku 1986 standardizoval americký USITT digitální protokol DMX určený speciálně k řízení zábavní techniky. Ten je dodnes nejrozšířenějším komunikačním protokolem pro toto využití a veškerá dnešní rozšíření, ať už se jedná o přenos prostřednictvím WiFi nebo LAN sítě, vycházejí z něj. Protokol vysílá k zařízením 512 bytů, každé zařízení přijímá byty od nastaveného pořadového čísla (adresa zařízení). Hodnota v určitém bytu určuje hodnotu řízené vlastnosti, například intenzitu paprsku nebo úhel natočení v jedné z os.

Hlavním prvkem je řídicí konzole nebo-li osvětlovací pult, který je ovládán osvětlovačem. Jeho pracoviště je umístěno v místě před scénou. V případě architektonického svícení může být role lidské obsluhy nahrazena automatizovaným rekordérem. Z tohoto místa je veden řídicí signál směrem k osvětlovací technice pomocí kabeláže nebo bezdrátovým přenosem, v místě scény se pak pomocí rozbočovačů rozděluje k jednotlivým skupinám svítidel.

2.4 Stmívače

Zařízení určené k regulaci výstupního napětí a tím k regulaci jasu žárovkových svítidel. Nejčastěji se používá konstrukce s fázovou triakovou regulací. Vyrábí se ve dvou provedeních a to konstrukce T-bar, která je určena k přímému zavěšení na konstrukci zastřešení pódia a následnému podvěšení reflektorů a provedení do racku, který je pak umístěn poblíž pódia a k reflektorům pak vede více-párové silové vedení.

2.5 Konvenční svítidla

Konvenční světla jsou reflektory využívající žárovkové zdroje. Mezi nejčastější zástupce patří PAR reflektory, které nemají optickou čočku, ale pouze parabolické zrcadlo, šířka kužele je dána zrcadlem. Dalšími jsou divadelní reflektory s čočkou, u těch je možno měnit šířku kužele, popřípadě ostření paprsku. Kromě žárovky a optického systému není v reflektoru umístěno nic, stmívání je tedy řešeno externím stmívačem. Změna barvy se provádí pomocí přidání filtru na reflektor.

2.6 Inteligentní zařízení

Za inteligentní zařízení se považují svítidla, která využívají pro řízení více kanálů DMX signálu. Většina těchto svítidel využívá jako zdroje světla výbojky.

2.6.1 Otočné hlavy a scannery

U otočných hlav se pohybuje celý optický systém a v základně je umístěna elektronika. Scanner je svítidlo s pohyblivým zrcadlem. Pohyb zleva doprava je označován jako pan a pohyb ze zdola nahoru jako tilt. Pohyb pan se pohybuje od 270 do 480 i 570 stupňů a tilt okolo 270 stupňů, celkem může být pohyb řízen až šest DMX kanály. Čtyři kanály pro pohyb, vždy 16-ti bitově a dva kanály pro rychlost pohybu. Kromě pohybu je možno například mechanicky stmívat paprsek pomocí záklopky, popřípadě je možné i elektrické stmívání. Také může obsahovat několik kol s dichroickými barevnými filtry¹ pro změnu barvy paprsku, u novějších svítidel lze využít i míchání barev v režimu CMY. Mezi další funkce patří projekce obrazců (gob), zvětšení paprsku, ostření, přidání hranolu pro rozdělení paprsku a spousta dalších funkcí.

2.7 Jiná efektová zařízení

Mezi další často používané efekty patří různé výrobky mlhy, umělého sněhu, nebo stroboskopické efekty. Pro použití na diskotékách se vyrábí široká škála svítidel. Řízení pomocí DMX nesmí být použito pro kritické aplikace, u kterých by mohlo dojít k ohrožení lidských životů, jako jsou například efektové plamenometry nebo odpalovací zařízení ohňostrojů.

¹Polopropustné zrcadlo s vysokým útlumem pro nežádané frekvence, složené z více vrstev, kde každá z nich má různý index lomu. V případě pásmové propusti tedy závisí vlnová délka propouštěných vln od materiálu zrcadla a úhlu dopadu vlny.

3 Rozbor technických vlastností řídicích DMX zařízení dostupných v současné době na trhu

3.1 Osvětlovací pulty

Trh s osvětlovacími pulty je v dnešní době velmi rozsáhlý. Existuje mnoho různých uznávaných výrobců s diverzifikovaným podílem na trhu a to v rámci celého světa, celých kontinentů, ale také v rámci jednotlivých států. Přesto v tomto oboru existují jisté „etalony“, jakým je například Avolites Pearl 2010. Dále jsou popsány konzole převážně z nižší cenové kategorie, protože právě u nich lze najít nejvíce snadno řešitelných nedostatků, u konzol, které stojí v řádech milionů, se nedostatky hledají těžko a jde spíše o osobní preference než o technické nedostatky.

3.1.1 Eurolite DMX Operator 192

Eurolite DMX Operator je osvětlovací pult z nejnižší cenové kategorie. Zvládne ovládat pouze 192 kanálů dělených do 12 sekcí, každou navíc rozdělenou do dvou stránek A a B. V jednom okamžiku je tedy k přímému ovládání dostupno 8 kanálů a to pouze v pořadí, v jakém jsou vysílány. Pult implementuje rozhraní MIDI jedním výstupem. Bohužel je implementace nedokumentována. Do vnitřní programové paměti lze uložit 30 programů skládajících se z osmi scén. Dnes běžně používané inteligentní světlo, například MAC 250 Entour výrobce Martin využívá 15 až 18 kanálů. Tento pult je nevhodný na řízení inteligentních svítidel v reálném čase.

Přesto může plnit svoji funkci pro nenáročné události s reflektory PAR nebo jinými světelnými efekty například v hudebních nebo tanečních klubech. Z technického hlediska je výstupní obvod tohoto pultu osazen běžným čipem 75176 bez jakéhokoliv dodatečného oddělení. Přesto je velmi rozšířen díky své nízké ceně 3 190,- Kč. Zdroj:

<http://www.hdt.cz/eurolite-dmx-operator-192-kanal/d-198742/> dne 4. dubna 2012.

3.1.2 ELATION MAGIC 260

Tento pult je následovníkem Eurolite DMX Operator 192, došlo k rozšíření na 260 říditelných kanálů a byl upraven uživatelský interface pro pohodlnější ovládání. Obsahuje také knihovnu zařízení, osvětlovač není nucen si pamatovat čísla kanálů a jejich funkci, ale může si přímo ovládat u vybraného zařízení funkci, dokonce je možno vyměnit jedno zařízení za druhé a naprogramované scény není nutno měnit. Nevýhodou je omezené množství kanálů a uživatelský interface pro inteligentní svítidla, díky kterému je ovládání konvenčních svítidel mírně nepohodlné. Cenou 8 260,- Kč spadá do nižší cenové kategorie. Zdroj:http://www.thomann.de/cz/elation_magic_260.htm dne 4. dubna 2012.

3.1.3 Elation Show Designer 3

Osvětlovací pult střední třídy s třemi DMX výstupy. Lze obsluhovat 48 inteligentních svítidel a 128 konvenčních. V pultu je uložena editovatelná knihovna zařízení. Z panelu je možno přímo spouštět osm playbacků z celkem 4700 možných uložených scén. Svým vybavením je jedním z prvních pohodlně použitelných pultů. Jeho cena je 44 000,- Kč. Nevýhodou je absence galvanického oddělení výstupu.

Zdroj: http://www.thomann.de/cz/elation_show_designer_3.htm dne 4. dubna 2012.

3.1.4 Avolites Pearl 2010

V České republice pult považovaný za průmyslový standard a velmi oblíbený u mnoha osvětlovačů pro svůj přívětivý uživatelský interface. Podpora 240 inteligentních světel, knihovna zařízení, přístup k přednastaveným scénám přes palety pro rychlé programování. Standardně je vybaven čtyřmi opticky oddělenými výstupy. Svou cenou 179 880,- Kč se řadí do střední vyšší cenové třídy.

Zdroj: <http://www.osvetlovac.cz/avolites-pearl-2010-491.html> dne 5. dubna 2012.

3.2 Řízení pomocí PC

Počítače nám přinášejí mnoho možností, ale také mají mnoho nevýhod, jako například stabilitu, odolnost při přepravě. Mezi největší nevýhodu oproti hardwarové konzoli patří pomalá reakční doba osvětlovače na vnější podněty. Dobrých výsledků se dá například docílit při kombinaci s dotykovou obrazovkou a MIDI kontrolérem.

3.2.1 Freestyler 512

Freestyler je volně šířitelný program s uzavřeným zdrojovým kódem. Je kompatibilní s několika desítkami převodníků využívajících mnoho rozhraní počítače, včetně podpory nového síťového protokolu Art-NET. Oficiálně je možno využívat 512 kanálů, ale existují i vývojové verze s podporou 1024 kanálů. Je možno využívat personalit pro jednotlivá světla, maker a generátorů tvarů. Přehrávané scény je možno sdružovat do podskupin. Disponuje tedy vším, co je k běžné práci potřeba. Velkou výhodou je podpora externího řízení, jak pomocí MIDI, tak i prostřednictvím TCP/IP a WinApi, což umožňuje snadné programátorské rozšíření.

3.2.2 Sunlite suite

Tento program je velmi populární, protože nabízí mnoho možností a je uživatelsky přívětivý a snadno ovladatelný. Licence je vázána na hardwarový převodník a její cena začíná přibližně na 400 euro. Tato varianta nabízí 512 výstupních kanálů a 512 vstupních

kanálů. Výhodou je rozšiřitelnost o další výstupy a vstupy a nativní podpora vizualizéru, který poskytuje přímo výrobce.

3.3 Převodníky

Mnoho dostupných převodníků vychází z konstrukce virtuálního RS232 portu připojeného přes USB rozhraní často s proprietálním ovladačem pro operační systém nebo na čipu umístěnou PROM pamětí, ve které je umístěna licence. Existuje mnoho konstrukcí s využitím mikrokontrolérů nebo obvodů, jako je například FT232 firmy Future Technology Devices International Ltd.

3.3.1 Enttec Open DMX

Open DMX je projekt open-source převodníku, který je šířen pod licencí GPL, včetně schémat a i desek plošných spojů. Ve svých úpravách ho vyrábí a prodává mnoho výrobců i amatérských konstruktérů. Pro jeho oblíbenost hraje především jeho minimální výrobní cena. Nevýhodou je generování DMX signálu v PC, což negativně ovlivňuje obnovovací frekvenci sběrnice, neboť počítač nemusí být schopen dodávat data včas. V určitých případech může chybět i optické oddělení výstupu.

3.3.2 Enttec DMX USB Pro

Tato varianta umožňuje využít jeden vstup a jeden výstup včetně optického oddělení s odolností 1500 V. Zde se již o generování stará čip přímo v převodníku a počítač je jen dodavatelem dat. Díky tomu lze dosáhnout obnovovací frekvence 40 Hz s tím, že převodník umožňuje její plynulou změnu v rozmezí od 1 Hz do 40 Hz. Mezi klady lze přidat i podporu protokolu RDM, který slouží k zjišťování a změně stavu světelné techniky (například změna DMX adresy).

3.4 Ostatní

3.4.1 Eurolite DMX Split 6X

Galvanický oddělovač a rozdělovač datového toku. Poskytuje 6 izolovaných výstupů, každý s vlastním budičem.

3.4.2 Elation DM-2512R DMX Merger

DMX Merger je určen ke spojení dvou datových toků. Tento přístroj nabízí tři volitelné módy provozu:

- HTP - vyšší hodnota je platná

- Split - je nastavena adresa, všechny sloty menší než adresa náleží vstupu A a sloty s větší adresou vstupu B
- Backup - pokud nejsou dostupná data na vstupu A jsou vysílána data ze vstupu B

3.4.3 Botex Dr. DMX III DMX Tester

Příruční tester pro určení stavu sběrnice. Umožňuje prohlížení vysílaných hodnot, měření časování, testování kabeláže.

4 Nedostatky současné techniky

4.1 Galvanické oddělení

Jak je zřejmé z přehledu dostupné techniky, tak galvanické není zcela běžné. Přesto jej můžeme považovat za velmi potřebné. Dle statistik, které poskytla společnost QUARTET Czech s.r.o., v deseti procentech zajišťovaných akcí dochází k připojení zvukové techniky na jiný zdroj elektrické energie než je zdroj světelné techniky. Ať se již jedná o kombinaci několika místních rozvaděčů nebo kombinaci místního rozvaděče a elektrocentrály, je to zdroj bezpečnostního rizika zvláště v případě, že se rozhodneme použít pouze jeden přívod pro pracoviště režie. Vzniká riziko zemních smyček, ale také nebezpečí rozdílných dotykových napětí a vzniku vyrovnávacích proudů. Proto je žádoucí, aby DMX linka byla galvanicky oddělena od osvětlovacího pultu. Pro ideální využití společné signálové kabeláže mezi zvukovou částí a světelnou je žádoucí, aby oddělení neproběhlo v místě režie, ale v místě pódiového rozvaděče nebo splitteru DMX signálu. Mnoho osvětlovacích pultů nemá galvanicky oddělené výstupy.

4.2 Cena

Z pozice zákazníků osvětlovacích agentur vzniká neustálý tlak na snižování ceny. Často lze říci, že velikost akce je nepřímo úměrná tlaku na snížení ceny. I malý rozdíl v ceně oproti konkurenci může být rozhodující. Velkou položkou v rozpočtu na kulturní akci tvoří amortizace použité techniky, ve výsledku vzniká požadavek na využití levnější techniky, pokud možno bez viditelných následků pro zákazníka. Osvětlovači jsou například nuceni používat více malých pultů, které neodpovídají požadavkům světelného parku, popřípadě používají PC software a převodník. U těchto řešení ztrácí většinou veškerý komfort při práci a mnohdy se neúměrně prodlužuje jejich reakční doba a s tím schopnost reagovat na požadavky.

4.3 Spojení více konzolí

Je-li osvětlovač nucen použít více konzolí tak z toho také plyne, že musí použít více DMX linek. Každý z pultů může ovládat pouze k sobě připojená světla. Pokud chci spojit více linek do jedné je potřeba použít zařízení, které spojí dva datové toky (anglicky označován jako merger). Na jednom inteligentním světle můžeme jedním pultem řídit stmívač a druhým měnič barev. Použití mergeru se stává ještě zajímavějším v případě, že použijeme kombinaci počítače a osvětlovací konzole. Počítač použijeme na řízení inteligentních svítidel a konzoli na řízení konvenčních světél. Potřebujeme menší množství kabeláže, tím se nám zvedá spolehlivost, osvětlovač má při práci větší komfort, protože na osvětlovacím pultu může pracovat výrazně rychleji, než pouze pomocí počítače. Vlastnosti se ještě zlepší když k počítači přidáme externí MIDI ovladač.

Dalším použitím mergeru je zálohování provozu pultu druhým kusem. V případě výpadku jednoho použijeme druhý jako záložní a pokračujeme v práci bez nutnosti

přepojování kabeláže. Některé špičkové pulty mají toto řešeno speciálním propojením dvou konzolí, v takovém případě potřeba mergeru odpadá.

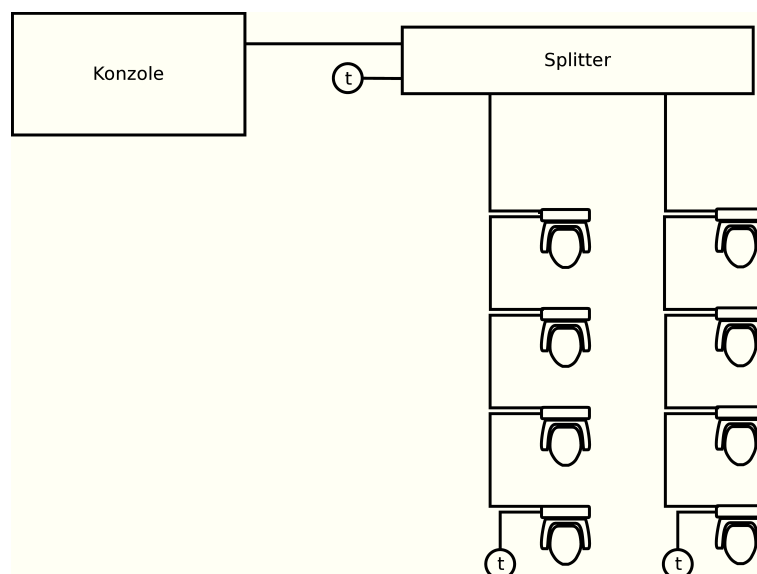
4.4 Specializace

Na trhu existuje dostatek výrobků se svou specifickou funkcí. Zařízení, která by šla nazvat za multifunkční se však hledají jen velmi těžko. Minimálně spojení splitteru a mergeru by se dalo považovat za žádoucí. Toto také úzce souvisí s cenou, více kusů specializovaného hardware může být dražší než jeden multifunkční kus.

4.5 Ostatní

Pokud použijeme počítač nebo dražší konzoli se zabudovaným operačním systémem, ať už proprietárním nebo na bázi Linux či Windows, dochází při výpadku elektrického proudu, hardwarové nebo softwarové chybě ke ztrátě dat. Při znovu zprovoznění je potřeba prvně zavést operační systém a teprve potom se spustí DMX výstup. Chování řízené techniky v této době je jen na libovůli výrobce, může reagovat na zvuk, spustí uložený program nebo se přesunout do výchozího stavu.

Varianta, kdy se přeruší dodávka do konzole, ale dodávka proudu na scénu je zachována, je reálná, například pokud je použita selektivita proudových chráničů u rozvodu elektřiny. V takové situaci by bylo vhodné zachovat alespoň minimální nasvícení scény, realizace tohoto „nouzového osvětlení“ by si vyžádala použít DMX rekordér, popřípadě redundantní osvětlovací pult ve spojení s mergerem v režimu záloha.



Obrázek 2: Příklad propojení pomocí DMX512.

5 Protokol DMX512

DMX 512 je protokol, který byl navržen roku 1986 institutem USITT pro řízení stmívačů. V pozdější variantě z roku 1990 byl rozšířen pro potřeby řízení speciální efektové techniky. Technická specifikace protokolu DMX 512 vychází z osvědčeného průmyslového standardu EIA 485. Jedna síť propojená tímto protokolem (anglicky označováno jako universe) vždy obsahuje jeden vysílač a 32 přijímačů na segmentu s tím, že použití opakováčů (repeater) a rozdělovačů (splitterů) je povoleno a počet segmentů je neomezen. Zařízení jsou propojena do topologie sběrnice a každý segment je zakončen zakončovací odporem (terminátorem).

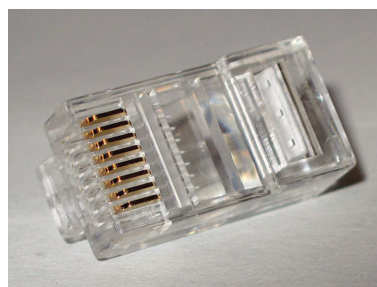
5.1 Technická specifikace

DMX 512 využívá jednosměrný diferenciální napěťový přenos pomocí dvou párů kroucené dvoulinky, kde vodič označovaný jako A (popřípadě -), má menší napětí než vodič B (+). Přestože norma vyžaduje požití dvou párů, tak samotné datové přenosy probíhají pouze na jednom. Využití druhého páru není v normě definováno.

Rozsah přípustného napětí na sběrnici se pohybuje mezi -7 V a +12 V, budič sběrnice musí být schopen dodat rozdílové vstupní napětí od 1,5 V do 5 V. Maximální zkratové proudy jsou stanoveny na 150 mA vůči zemi a 250 mA proti + 12 V. Impedanční přizpůsobení, pro zabránění odrazů signálu, se provádí zakončovací odporem, nebo-li terminátorem, o jmenovité hodnotě 120 Ohm. Zatěžovací impedance budiče by neměla klesnout pod 60 Ohm a vstupní impedance jednotky by neměla klesnout pod 12 kOhm.



Obrázek 3: Pětipinový XLR konektor.



Obrázek 4: Konektor 8P8C.

Počet přijímačů na jednom segmentu je stanoven na 32, ale toto číslo je závislé na vlastnostech použitého budícího obvodu, například s použitím budiče MAX1487 firmy Maxim lze budit až 128 přijímačů. Délka jednoho segmentu je stanovena na 4000 stop (asi 1200 m), s použitím opakovací není počet segmentů omezen.

5.2 Mechanická specifikace

5.2.1 Konektory

Používané konektory fyzické vrstvy byly stanoveny v revizi protokolu označované DMX 1990. Je stanoveno použití pětipinového XLR konektoru (obrázek 3.), kde samice je umístěna na vysílači a samec je umístěn na přijímači. Použití třípinových XLR je z pohledu normy zakázáno. DMX512-A (ANSI E1.11-2008) rozšiřuje spektrum používaných konektorů o 8P8C (obrázek 4.), určeného pro pevné instalace, který je v případě potřeby mechanicky zaměnitelný s RJ-45.

Mnoho výrobců v historii používalo různé typy v různých variantách, které neodpovídaly normě. Z těchto neproprietárních variant se do dneška dochovalo používání třípinových XLR, kterými je osazeno mnoho zařízení, převážně z nižší cenové kategorie.

Pin	Označení	Význam
1	GND	0V pro linku Data 1 a 2
2	Data 1-	Primární datová linka
3	Data 1+	Primární datová linka
4	Data 2-	Volitelná sekundární linka
5	Data 2+	Volitelná sekundární linka

Tabulka 1: Zapojení pětipinového XLR

Pin	Označení	Význam
1	Data 1+	Primární datová linka
2	Data 1-	Primární datová linka
3	Data 2+	Volitelná sekundární linka
4	Not Assigned	Nevyužito
5	Not Assigned	Nevyužito
6	Data 2-	Volitelná sekundární linka
7	GND 1	0V pro linku Data 1
8	GND 2	0V pro linku Data 2

Tabulka 2: Zapojení 8P8C

Přestože z elektrického hlediska neexistuje nic, co by tomu bránilo, v běžném pracovním prostředí společenských a kulturních akcí hrozí záměna za signálovou audio kabeláž. Toto může způsobit škody jak na straně audio zařízení, tak na straně připojení do DMX sítě. Některá zařízení určená převážně pro architektonické účely i dnes používají konektory čtyř pinové, kde jeden z pinů je určen pro napájení.

5.2.1.1 Zapojení 8P8C Ačkoli jsou na pinech 7 a 8 odděleny země pro obě datové linky, tak by mezi nimi neměl existovat rozdíl potenciálu. Konektor XLR využívá pouze jednu společnou zem.

5.3 Kabeláž

Původní norma DMX512 z roku 1986 i její varianta z roku 1990 obsahovala specifikaci používané kabeláže. U nejnovější specifikace známé jako DMX512-A (ANSI E1.11 - 2004) byla oddělena do vlastní normy. Nakonec vznikly dvě, jedna zohledňující požadavky mobilních akcí ANSI E1.27-1 a ANSI E1.27-2 určená pro pevné instalace v divadlech a společenských sálech.

5.4 Datový rámec

Datový rámec je vysílán sekvenčně, asynchronním sériovým přenosem a začíná slotem 0 a končí slotem 512 (celkem tedy maximálně 513 slotů). Před samotným přenosem dat je nutno vyslat reset sekvenci (označovanou jako BREAK) následovanou MARK AFTER BREAK částí a následně START kód. Platná data v jednotlivých slotech nabývají hodnot 0 až 255.

5.4.1 Slot

Datový slot se skládá z 11 bitů. Prvním bitem je start bit s hodnotou 0. Dále je vysíláno 8 bitů dat, od nejméně významných po nejvíce významné. Slot zakončují dva stop bity s hodnotou 1.

5.4.2 Break

Vysláním BREAK je indikován začátek nového rámce.

5.4.3 Mark after break

Mark after break (zkráceně MAB) odděluje BREAK a START CODE. DMX vysílač musí generovat MAB v určitém rozsahu 3.

5.4.4 Start code

Start kódem se rozumí slot s pořadovým číslem 0. Tento slot specifikuje typ dat vysílaných v tomto packetu.

Hodnota 0 (označována jako NULL START CODE) je rezervována pro běžná data, nebo-li data pro stmívače. Všechny následující sloty označuje jako netypová osmibitová data. Tato data se musí opakovat vždy alespoň jednou za sekundu. Data odeslána s tímto kódem nejsou považována za důležitá a je předpokládána určitá ztrátovost. Ztráta jednoho packetu by neměla výrazně ovlivnit funkčnost přijímajícího zařízení.

Start kódy s hodnotou 1 až 255 jsou rezervovány pro další použití a případné flexibilní rozšíření. Můžou být využity pro odesílání informací o výrobci, ascii znaků, případně kontrolních součtů atd.

5.4.5 Data

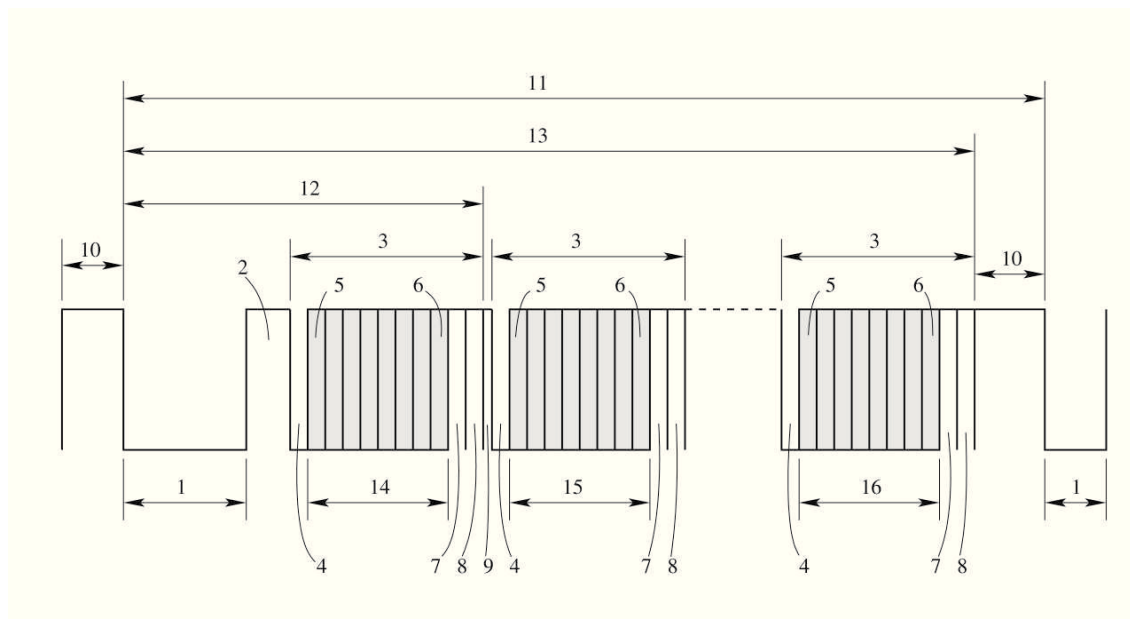
Slot s hodnotou 00H reprezentuje minimální hodnotu stmívače a hodnota FFH odpovídá maximální hodnotě výstupu stmívače.

Jeden packet obsahuje maximálně 512 slotů. Proměnná délka packetu je přípustná, je možno odesílat packet s méně než 512 sloty, ale pokud je vysílač naprogramován na určitou funkci, neměla by se délka měnit.

5.5 Přijímač

Každý přijímač musí být schopen zpracovat DMX signál s maximální obnovovací frekvencí. Je také povinen kontrolovat časování stop bitů. Dojde-li k rozpadu časování musí přijímač daný slot zahodit a zahodit i všechny následující. Pokud je signál nepřítomen déle jak 60 sekund, je to považováno za ztrátu signálu. V takovém případě je chování přijímače pouze na rozhodnutí výrobce.

5.6 Časování sběrnice



Obrázek 5: Příklad DMX signálu. Zdroj: [4], strana 16.

- 1 „SPACE“ for BREAK
- 2 „MARK“ after BREAK (MAB)
- 3 Slot time

- 4 START Bit
- 5 Least significant data bit
- 6 Most significant data bit
- 7 Stop bit
- 8 Stop bit
- 9 „MARK“ time between slots
- 10 „MARK“ before BREAK (MBB)
- 11 Break to Break time
- 12 Reset sequence (Break, MAB, START Code)
- 13 DMX512 Packet
- 14 Start code (Slot 0 Data)
- 15 Slot 1 Data
- 16 Slot nnn Data (Maximum 512)

Číslo	Popis	Min.	Typ.	Min.	Jednotka
	Bitová rychlost	245	250	250	kbit / s
	Doba trvání bitu	3,92	4	4,08	μ s
	Min. obnovovací čas	-	22,7	-	ms
	Max. obnovovací frekvence	-	44	-	packetu / s
1	SPACE for BREAK	92	176	-	μ s
2	MARK after BREAK	12	-	- < 1,0	μ s s
9	MARK čas mezi sloty	0	-	< 1,0	s
10	MARK before BREAK	0	-	< 1,0	s
11	BREAK TO BREAK	1204	-	- 1,00	μ s s
13	Delka packetu	1204	-	- 1,00	μ s s

Tabulka 3: Časování DMX výstupu. Zdroj: [4], strana 17.

6 Technický návrh a realizace

6.1 Konečné požadavky na zařízení

- Funkce mergeru. Zařízení bude umět spojit dva nezávislé datové toky o různých rychlostech systémem vyšší vyhrává (high take precedence). Z toho plyne i požadavek na bufferování toků.
- Galvanické oddělení vstupu. Vstupy budou od přístroje galvanicky odděleny.
- Splitter. Zařízení poskytne osm výstupů, každý s vlastním budičem, pokud možno co největší kvality, schopným budit více než standardních 32 zařízení.
- Měření parametrů sběrnice, například obnovovací frekvence.
- Testování výstupů s několika programy.
- Při výpadku vstupního signálu dojde k vyslání přednastavené scény (funkce označená jako emergency mask). S možností přímého nahrání masky z bufferu. Bude k dispozici výběr z několika scén.
- Prohlížení hodnot přijímaných na jednotlivých vstupech.
- Všechny potřebné informace budou zobrazeny na displayi, který bude umístěn na čelním panelu.

6.2 Návrh elektrické části

Veškerá schémata jsou uvedena v příloze.

6.2.1 Mikrokontrolér

Z dostupné škály mikročipů je vybrán Mega 644PA firmy Atmel, který poskytuje dostatečný výkon a optimální konfiguraci integrovaných periférií, pro požadované funkce. Disponuje také dostatečným počtem vstup-výstupních bran.

6.2.1.1 Vlastnosti mikrokontroléru Mega 644PA

- Taktovací frekvence až 20 MHz
- 4 kB SRAM a 2 kB EEPROM
- 2x USART
- 2x 8 bit časovač a 1x 16 bit časovač

6.2.2 Vstupní část

Vstupní část využívá netradičního řešení, kde není použit RS485 receiver, ale linka je zakončena přímo optronem 6N137. To velmi zjednodušuje konstrukci, protože není nutno řešit oddělené zdroje, pro každou linku a celé zařízení. Taký není nutno řešit izolaci transformátorů u takového zdroje. Celé zařízení tedy může být napájeno z jednoho zdroje s jedním transformátorem. V zařízení bude osazena varianta s odolností až 2,5 kV/1 min. Zdroj: [2].

6.2.3 Výstupní část

Jako budič je vybrán ST485BN firmy STMicroelectronics, který je dobrým kompromisem mezi parametry a cenou. Dosahuje zpoždění 20 ns a dobu přechodu z jednoho stavu do druhého 5 ns. Obvod také obsahuje ochranné obvody, které zabraňují jeho přetížení. V ideálních podmínkách je schopen vybudit až 64 přijímačů. Zdroj: [3].

6.2.4 Napájecí zdroj

Zařízení je napájeno ze zabudovaného zdroje s toroidním transformátorem. S výkonem 10 VA a výstupním napětím 8 V. Následuje usměrňovač a stabilizátor napětí 7805 s napětím 5 V. Dále je zařazen napěťový sledovač s tranzistorem BD241 pro posílení proudového výstupu ze stabilizátoru.

6.2.5 Display

Zobrazení stavových informací zprostředkovává dvou řádkový alfanumerický display s 16 znaky na řádku. Obecným požadavkem je display se zabudovaným kontrolérem HD44780 nebo ekvivalentním. Přesný výběr typu záleží na mechanické konstrukci a požadavcích na velikost viditelné plochy.

6.3 Software

Program mikrokontroléru je napsán v jazyce C.

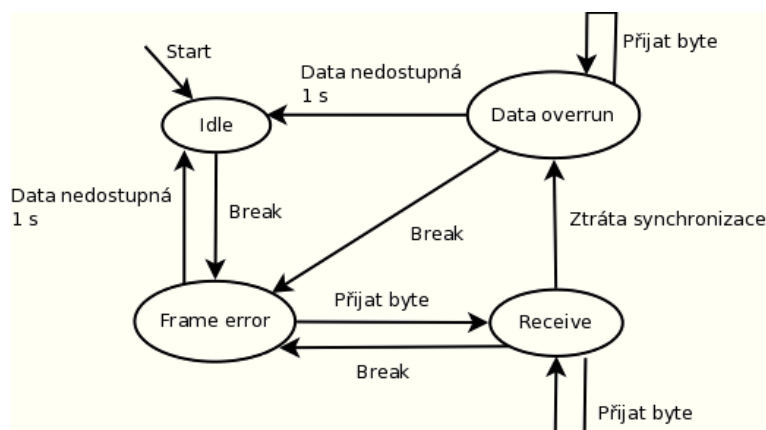
6.3.1 Procedura Main

V proceduře Main je řešena inicializace mikrokontroléru, pohyb po menu a vypisování informací na display. Vše ostatní je řešeno pomocí přerušení. Menu je jednoúrovňové a pohyb v něm probíhá jedním tlačítkem označeným menu. Pro výběr stránek, funkcí a kanálů jsou použita dvě tlačítka page+ a page-. Na výběr hodnoty na jednotlivém slotu může uživatel použít tlačítka value+ a value-.

1. Show input 1
 - channel 1 a 2
 - ..
 - channel 511 and 512
2. Show input 2
 - ..
3. Show output
 - channel 1 a 2
 - ..
 - channel 511 and 512
4. Show input 1 timing
5. Show input 2 timing
6. Emergency Mask
 - channel 1
 - ..
 - channel 512
7. Select mask
 - Emergency scene: 0
 - ..
 - Emergency scene: 3
8. Test output
 - None
 - Send Zeros
 - Dim all
 - Send ones
9. Buffer to mask

6.3.1.1 Show input Zobrazuje hodnoty jednotlivých DMX slotů. Hodnoty jsou zobrazovány na displayi vždy dva sloty na jednom řádku.

6.3.1.2 Show output Vypíše hodnoty slotů na výstupu podle momentálně zvolené výstupní funkce.



Obrázek 6: Stavby a přechody obsluhy sériového portu při příjmu DMX packetu.

6.3.1.3 Show input timing Zobrazí průměrnou hodnotu obnovovací frekvence sběrnice. Průměr je vypočítáván z posledních osmi příchozích packetů.

6.3.1.4 Emergency mask Zde může uživatel změnit hodnoty slotů v momentálně vybrané masce. Stiskem tlačítka dojde k uložení masky do EEPROM.

6.3.1.5 Select mask K dispozici jsou 4 různé masky. Uživatel může zvolit jednu z nich a v případě výpadku vstupu 1 dojde k vyslání vybrané masky. Po zapnutí přístroje je vždy vybrána maska číslo 0. Na masce 0 by měla být uložena neutrální scéna, s co možná nejlepším nasvícením scény, protože tato maska půjde na výstup v době startování osvětlovacího pultu po případném celkovém výpadku elektrického proudu.

6.3.1.6 Test output Při vybrání funkce pro testování výstupu je přebrána kontrola nad vysílanými hodnotami. Možné režimy jsou:

- Send zeros: vyšle na výstup hodnoty 00H ve všech slotech.
- Dim all: při každém vyslaném packetu zvyšuje hodnotu ve slotech o 1.
- Send ones: všechny vyslané sloty budou obsahovat hodnotu FFH

6.3.1.7 Buffer to mask Při stisku tlačítka Store se momentální obsah bufferu vstupu 1 uloží do momentálně vybrané masky a zapíše ji do EEPROM.

6.3.2 Příjem DMX packetu

Formát packetu DMX je velmi podobný komunikaci prostřednictvím sériového portu. Pro příjem lze použít běžný sériový port, je však nutno ošetřit odlišnosti, kterými jsou

BREAK a synchronizační mezera - MAB. Break je sériovým portem vyhodnocen jako rozpad rámce, při takovém stavu vynulujeme čítač bufferu. Po ukončení synchronizační mezery začne běžný sériový příjem. Mikrokontrolér tedy pro příjem pracuje jako stavový automat, jednotlivé stavy a přechody jsou zobrazeny na obrázku 6.

Pro příjem dat jsou využity oba dva univerzální sériové porty dostupné na mikrokontroléru. Každý DMX vstup je popsán vlastním uživatelsky definovaným typem, ve kterém je umístěn buffer, počítadlo přijatého kanálu, počítadlo obnovovací frekvence. Při příjmu je průběžně měřena obnovovací frekvence sběrnice za použití jednoho z čítačů.

Příjem obstarává jedno přerušení od obou sériových portů a dynamicky je rozhodnuto, který port vyvolal přerušení a ten je dále zpracováván. Práce s porty probíhá prostřednictvím ukazatelů na ukazatel.

```
typedef volatile struct {
    unsigned char DMX_freq[DMX_freq_avg_size]; //pole pro vypocet prumerne obnovovaci
        frekvence

    unsigned char DMX_freq_counter; //pocitadlo pohybu v poli

    unsigned char DMX_buffer[512]; // buffer pro prijem

    unsigned int DMX_buffer_counter; //pocitadlo prijimaneho slotu

    unsigned char DMX_state; //stav DMX vstupu

    unsigned int DMX_timer_overrun; //pocet pretečení citace pro vypocet doby mezi packety

    /* -----Mozne stavy vstupu----- */

    0x00 Frame Error break

    0x01 Overrun ztrata dat

    0x03 Receive enabled prijem

    0x04 Idle interface odpojen

    ----- */
} universe;

// struktura pro dynamicky vyber seriového portu

typedef volatile struct {
    char ** u_UCSRxA;

    char ** u_UDRx;
} usart;
```

Výpis 1: Uživatelsky definované struktury pro práci s DMX vstupy

```
ISR(USART0_RX_vect) {
    usart *us;
    universe *un;
```

```

// Vyberu USART od ktereho prislo preruseni
if ((UCSR0A & 0x80) | (UCSR0A & 0x10) | (UCSR0A & 0x08)) {
//preruseni vzeslo od s. portu 0
    us = &usart_0;
    un = &universe_0; }
else if ((UCSR1A & 0x80) | (UCSR1A & 0x10) | (UCSR1A & 0x08)) {
//preruseni vzeslo od s. portu 1
    us = &usart_1;
    un = &universe_1; }
else {return;} //nemohu rozhodnout => konec

// Natu data a stav portu
unsigned char state = *us->u_UCSRxA;
unsigned char data = *us->u_UDRx;

if (state&0x08) {
    //data over run -> Nestihl jsem vybrat data, zahazuju cely frame a resetuju citac pohybu v
    bufferu
    un->DMX_state = DMX_OVERRUN;
    un->DMX_buffer_counter = 0;
    return; }
if (state&0x10) {
    //Frame Error -> Rozpadl se frame, nejspise prisel BREAK, dalsi prijaty byte jsou platna
    data
    un->DMX_state = DMX_FRAME_ERROR;
    un->DMX_buffer_counter = 0;
    return; }

//Nedoslo k rozpadu ani pretečení, prijaty byte je tedy platny => zpracovavam

//Predchozi stav byl FRAME_ERROR – tedy break, ted mohu povolit prijem
if (un->DMX_state == DMX_FRAME_ERROR) {
    un->DMX_state = DMX_ENABLED;
}

```

```

//Prijem je povolen, prijmu byte
if (un->DMX_state == DMX_ENABLED) {
    un->DMX_buffer[un->DMX_buffer_counter] = data; //ulozim data do bufferu
    if (un->DMX_buffer_counter == 0){ //prijimam prvni byte, vypoctu tedy frekvenci
        un->DMX_freq[un->DMX_freq_counter] = un->DMX_timer_outrun; //ulozim si pocet
        pretečení do pole
        un->DMX_freq_counter++; //posunu se na dalsi index pole

        un->DMX_timer_outrun = 0; //vynuluji citac pretečení
        if ( un->DMX_freq_counter == DMX_freq_avg_size ){ un->DMX_freq_counter=0;} //
        dorazil jsem na konec pole, navrat na prvni index}
    if (un->DMX_buffer_counter < sizeof(un->DMX_buffer)){ un->DMX_buffer_counter++; } //
        posuv v bufferu
    }
}

```

Výpis 2: Obsluha DMX vstupu

6.4 Měření obnovovací frekvence

Při přijímání packetů se průběžně, pomocí časovače, měří čas mezi packety a z dané hodnoty je vypočtena obnovovací frekvence. Hodnota je pak zapsána do pole, z kterého se při zobrazení na display počítá průměr. Je tak zabráněno nekontrolovanému problikávání hodnot na displayi.

6.5 Vysílání DMX packetu

Generování BREAK a synchronizační mezery MAB je prováděno přenastavováním pinu brány na dané hodnoty. Pro správné časování je použit osmibitový časovač. O odesílání slotů se již stará sériový port mikrokontroléru. Plnění odesílacího bufferu zajišťuje dané přerušení. Postup odesílání DMX packetu je následující:

- Zablokujeme odesílání a přerušení signalizující prázdný odesílací buffer sériového portu
- Linku přesuneme do stavu 0 na dobu 88 μ s
- Linku přesuneme do stavu 1 na dobu 8 μ s
- Naplníme buffer sériového portu start kódem

- Povolíme odesílání a potřebná přerušení
- Při příchodu přerušení plníme vyrovnávací paměť, dokud čítač odesílaného slotu nedosáhne 512. Při dosáhnutí 512 slotu pokračujeme od prvního kroku.

```
ISR(USART0_UDRE_vect) { //pozdavek na plneni dat vystupniho bufferu serioveho portu
    UDR0 = GetOutput(outcounter);
    outcounter++;
    if (outcounter == 512) {
        //odeslal jsem 512 datovych bajtu, zablokuj preruseni pro plneni daty a povolim preruseni od
        ukoncení přenosu
        outcounter = 0;
        UCSR0B &= ~(1<<UDRIE0);
        UCSR0B |= (1<<TXCIE0);
    }
}
```

```
ISR(USART0_TX_vect) { //ukoncen přenos, zacínám nový packet
    UCSR0B &= ~(1<<TXEN0); //zablokování odesílání dat seriovým portem
    UCSR0B &= ~(1<<TXCIE0);
    DDRD = 0xFF;
    PORTD &= ~(1<<PIN1); //pin portu nastavím na úroveň 0
    TIMSK2 |= (1<<OCIE2B);
    TCCR2B |= (1<<CS21); //Spustím časovač a povolím preruseni po dosažení cílové hodnoty
    komparátoru. TIMER2_COMPB_vect
    PORTB |= (1<<PIN0);
}
```

```
ISR(TIMER2_COMPA_vect) { //uplynulo 8 us povolím odesílání dat seriovým portem a preruseni pro
    plnění výstupního bufferu
    TIMSK2 &= ~(1<<OCIE2A);
    TCCR2B &= ~(1<<CS21);
    UCSR0B |= (1<<TXEN0);
    UDR0 = 0x00; //výsledkem první byte – startkod s hodnotou 00H
    UCSR0B |= (1<<UDRIE0);
}
```

```
ISR(TIMER2_COMPB_vect) { //uplynulo 88uS, Ted budu generovat synchronizacni mezeru MAB
    TIMSK2 &= ~(1<<OCIE2B);
    TCCR2B &= ~(1<<CS21);
    PORTD |= (1<<PIN1); //pin portu nastavim na uroven 1
    TIMSK2 |= (1<<OCIE2A);
    TCCR2B |= (1<<CS21); //Spustim casovac a povoluji preruseni po dosazeni cilove hodnoty
        komparatoru. TIMER2_COMPB_ve
    PORTB &= ~(1<<PIN0);
}
```

Výpis 3: Obsluha DMX výstupu

Mikrokontrolér generuje signál v maximální možné obnovovací frekvenci dané normou (hodnoty časování v kapitole 3).

6.5.1 Obsluha LCD displaye

Display je řízen pomocí volně šiřitelné knihovny, pro čtyř vodičovou komunikaci, která je dostupná na adrese:

http://homepage.hispeed.ch/peterfleury/group__pfleury__lcd.html,
dne 3. dubna 2012.

6.6 Mechanické provedení

6.6.1 Box

V oboru osvětlovací techniky je standardem provedení v 19" rackový jednotkách. Zařízení lze tak snadno propojovat do větších celků, snadno se přepravují a lze je tak chránit proti poškození při přepravě. Prototypový kus je tedy proveden v této mechanické konstrukci. Je zvolena velikost 1U. Na čelním panelu jsou umístěny vstupní konektory, display, síťový vypínač, podsvětlená ovládací tlačítka a signalizační kontrolky pro vstupy, výstup a zápis do paměti. Na zadním panelu je umístěno osm výstupních konektorů XLR, napájecí konektor a pojistkové pouzdro hlavní pojistky. Box je vyveden v černé barvě. Čelní panel je také černý, popis je vyroben pomocí bílého propisotu a zalakován několika vrstvami pololesklého laku. Fotografie provedení konečného výrobku je umístěna v příloze.

6.6.2 Desky plošných spojů

Vše je rozděleno do tří desek. Jedna pro napájecí zdroj, další pro tlačítka na čelním panelu a poslední pro hlavní jednotku s mikrokontrolérem, budiči a vstupními obvody.

Desky jsou navrženy jako jednostranné, pro snadnou výrobu. U desky tlačítek je využita metoda povrchové montáže součástek, jinak jsou tištěné spoje provedeny metodou usazení do vrtaných děr. Návrhy desek jsou přiloženy v příloze, již s upravenými chybami, které se objevily u prototypu. Minimalizace provedení je samozřejmě možná, pro snadnou opravu případných chyb je však zvolena prostornější konstrukce.

6.6.3 Konektory

Při provozu se předpokládá využití pro touring a ne pro stálé instalace. To znamená, že veškeré DMX rozvody jsou stavěny dočasně a po ukončení společenské akce budou rozpojeny. Od použitých konektorů se očekává dlouhá výdrž a kvalitní kontakt. Průmyslovým standardem s nejlepším poměrem dostupnost, cena, kvalita jsou konektory firmy Neutrick. U této varianty zařízení se očekává provoz se staršími DMX kompatibilními světly, jako doplněk pro usnadnění práce, proto je osazeno tří pinnovými konektory, ačkoli se jedná o vybočení z normy. Na čelní panel jsou použity NC3MD-L-1, které jsou dodatečně začerněny, protože dodavatel v České republice momentálně nebyl schopen dodat černé provedení. Na zadním panelu je umístěno osm kusů NC3FD-L-B-1 se zlacenými kontakty a provedením v černé barvě. Pro napájení je použit PowerCon, který je u zařízení v tomto oboru běžný.

6.6.4 Součástky

U tohoto zařízení se dá předpokládat celoroční provoz i v zimních měsících, například při zajištění společenské akce na sjezdovce, nebo také provoz v létě při přímém vystavení slunci, při open-air událostech. Proto je nutné brát v potaz teplotní pracovní rozsah součástek. U prototypu jsou všechny elektronické součástky voleny pro pracovní rozsah minimálně -20°C až $+80^{\circ}\text{C}$.

6.6.5 Kabeláž

Vstupní a výstupní konektory jsou propojeny s hlavní deskou stíněnými kabely firmy Tasker typu C202 black. U výstupů je stínění propojeno s nulovým potenciálem, u vstupu je stínění spojeno s pinem 1 XLR konektoru, na straně optronu není stínění připojeno.

7 Testování, stabilita, zkušenosti s provozem

Prototyp byl poprvé použit na koncertě kapely Legendy se Vrací dne 7. dubna 2012 v Kulturním domě Petřvald. Při této kulturní události byla využita světla z místní pevné instalace a řízení pomocí vlastního notebooku s převodníkem. Primárním účelem na této akci bylo oddělení rozvodů, na které byl připojen zvuk a řízení světla od místních rozvodů DMX. V tomto kulturním domě je pevná instalace napájená z vlastní rozvodny, která je umístěna vedle pódia, zatímco jediná možnost k připojení zvuku je z rozvaděče, který se nachází v místnosti vedle společenského sálu. Na této akci strávil prototyp osm hodin v provozu, bez jakýchkoliv potíží.

Tato událost také odhalila jisté možnosti vylepšení a rozvoje. Místní instalace je pro běžný provoz ovládána ze dvou osvětlovacích pultů. Jeden je určen pro řízení techniky určené k nasvícení pódia a druhý ovládá osvětlení sálu. Na každém z těchto okruhů jsou zařízení adresována od adresy 1. Při použitém zapojení bylo možno ovládat pouze jeden z těchto okruhů. Bylo by tedy užitečné upravit zařízení tak, aby bylo možno jeden vstup rozdělit do dvou výstupů, tak aby například výstupy 1 až 4 byly ovládány kanály 1-255 a výstupy 5-8 kanály 256-512. Tato úprava si vyžádá minimální změnu na desce plošných spojů v podobě jedné propojky a změny v softwaru. Dále jsou ještě zvažovány změny ve způsobu spojování dvou vstupních toků, ale to si vyžádá ještě další testování.

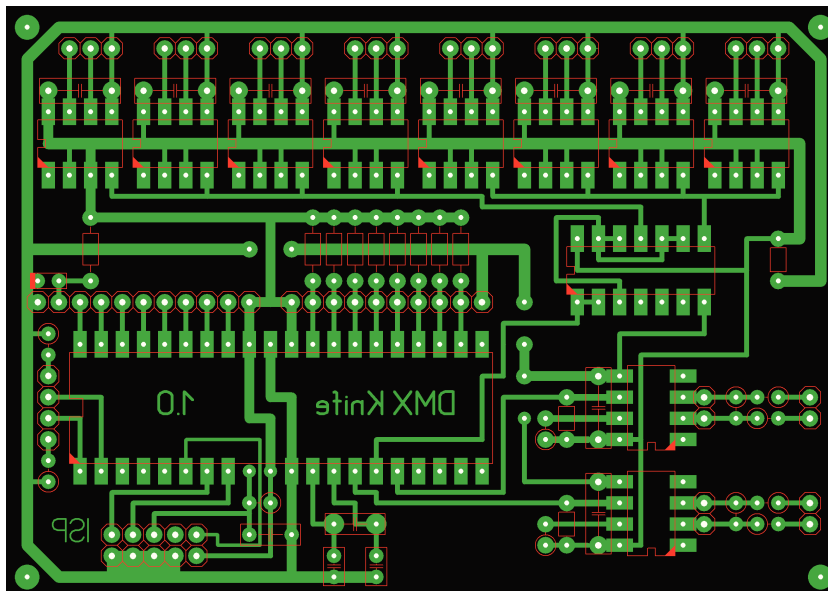
V budoucnu bude vývoj tohoto zařízení nadále pokračovat, funkce emergency mask by mohla být nahrazena funkcí plnohodnotného rekordéru, to si ale vyžádá už podstatné změny v hardwaru, protože bude nutno ukládat větší množství dat a bude nutno uvažovat nad podporou například SD karty jako uložistiště.

Tento prototyp se může stát také podkladem pro vývoj i jiných specializovaných zařízení. Například je znám požadavek na existenci DMX rekordéru v co nejmenším provedení, nebo požadavek na cenově nenáročný příruční DMX tester.

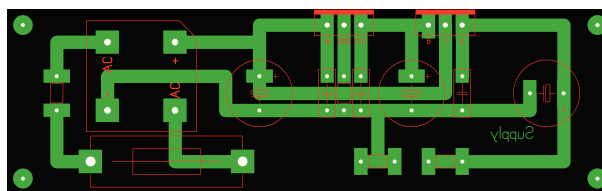
A Reference

- [1] R. Cadena: *Automated Lighting*. Focal Press, Burlington, 2010. ISBN 978-0-240-81222-9.
- [2] Fairchild Semiconductor: *Datasheet 6N137*. 2005, rev 1.0.8., dne 2. dubna 2012
www.fairchildsemi.com/ds/6N/6N137.pdf
- [3] STMicroelectronics: *Datasheet ST485BN*. 2009, rev 16, dne 2. dubna 2012.
www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00002183.pdf
- [4] Entertainment Services and Technology Association: *Asynchronous Serial Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories*. 2008.

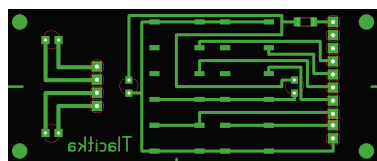
B Desky plošných spojů



Obrázek 7: Hlavní deska s mikrokontrolérem.

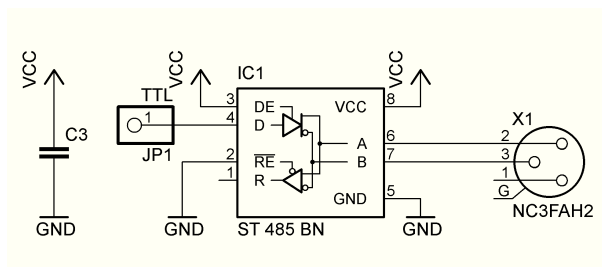


Obrázek 8: Napájecí zdroj.

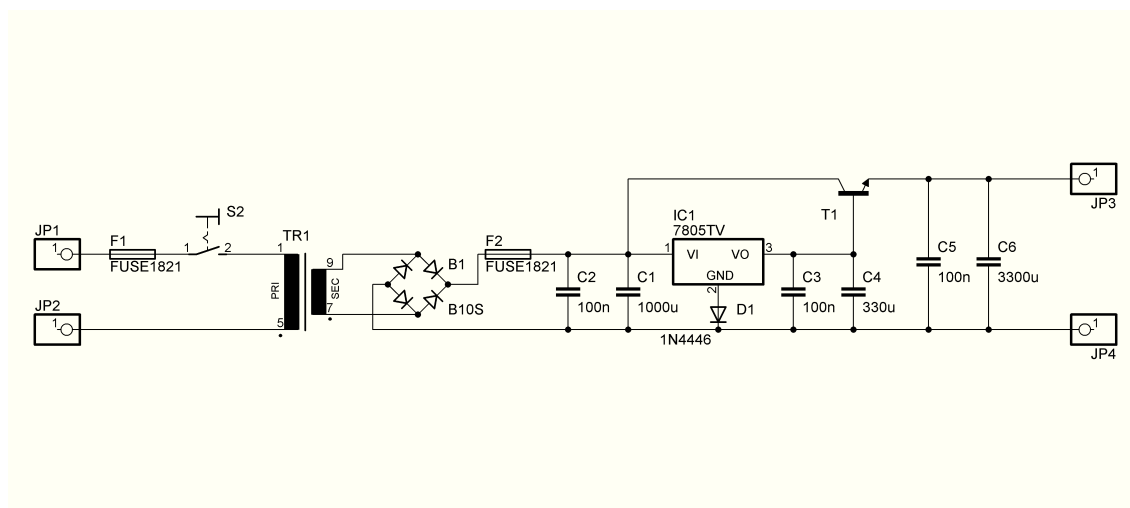


Obrázek 9: Tlačítka čelního panelu.

C Schémata elektrické části



Obrázek 12: Zapojení výstupního linkového budiče.



Obrázek 13: Schéma napájecího zdroje.

D Fotografie prototypu

